

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE PEDIATRÍA

## Recomendaciones para la asistencia respiratoria en el recién nacido

Grupo Respiratorio y Surfactante de la Sociedad Española de Neonatología<sup>◇</sup>

Recibido el 2 de febrero de 2012; aceptado el 19 de marzo de 2012

Disponible en Internet el 9 de mayo de 2012

### PALABRAS CLAVE

Asistencia respiratoria;  
Ventilación mecánica convencional;  
Destete respiratorio;  
Extubación;  
Práctica basada en la evidencia;  
Recién nacido

### KEYWORDS

Respiratory support;  
Conventional mechanical ventilation;  
Respiratory weaning;  
Extubation;  
Evidence based practice;  
Newborn

**Resumen** Las recomendaciones incluidas en este documento forman parte de una revisión actualizada de la asistencia respiratoria en el recién nacido. Están estructuradas en 12 módulos, y en este trabajo se presentan los módulos 4, 5 y 6. El contenido de cada módulo es el resultado del consenso de los miembros del Grupo Respiratorio y Surfactante de la Sociedad Española de Neonatología. Representan una síntesis de los trabajos publicados y de la experiencia clínica de cada uno de los miembros del grupo. Cada módulo se acompaña de un resumen de la evidencia científica con 4 grados de recomendaciones.

© 2012 Asociación Española de Pediatría. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

### Recommendations for respiratory support in the newborn

**Abstract** The recommendations included in this document will be part a series of updated reviews of the literature on respiratory support in the newborn infant. These recommendations are structured into twelve modules, with modules 4, 5, and 6 presented here. Each module is the result of a consensus process of all members of the Surfactant and Respiratory Group of the Spanish Society of Neonatology. They represent a summary of the published papers on each specific topic, and of the clinical experience of each one of the members of the group. Each module includes a summary of the scientific evidence available, graded into 4 levels of recommendations.

© 2012 Asociación Española de Pediatría. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

### Aspectos generales de la ventilación mecánica neonatal

Cuando el soporte respiratorio a un recién nacido requiere la intubación endotraqueal introduciendo un volumen de

gas al pulmón mayor que el espacio muerto fisiológico a una frecuencia menor de 150 ciclos por minuto, estamos ante la *ventilación o asistencia respiratoria invasiva convencional*. Desde el inicio de los años sesenta del siglo xx se han conocido diferentes términos y técnicas como ventilación con presión positiva intermitente (IPPV) o ventilación mandatoria intermitente (IMV)<sup>1</sup>. La ventilación se realizaba con dispositivos de flujo continuo, ciclados por tiempo y

<sup>◇</sup> El listado de autores se presenta en el Anexo 1.

limitados por presión independientemente de los esfuerzos respiratorios, favoreciendo la asincronía tanto inspiratoria como espiratoria. A este proceso se asociaron efectos adversos como la fuga aérea, y la alteración en el intercambio gaseoso y en el flujo sanguíneo cerebral con mayor riesgo de hemorragia intraventricular<sup>2</sup>. La parálisis neuromuscular y la ventilación con frecuencias altas fueron soluciones propuestas para disminuir estas complicaciones<sup>3,4</sup>. La falta de monitorización ventilatoria ocasionaba periodos de ventilación excesiva o insuficiente que no eran detectados.

En los años noventa del siglo xx los avances tecnológicos incorporados al diseño de los respiradores neonatales introdujeron importantes novedades en la ventilación neonatal. Se desarrollaron mejoras en la monitorización de la función pulmonar y la mecánica ventilatoria, así como en las distintas modalidades ventilatorias, encaminadas a sincronizar el esfuerzo respiratorio del paciente con el ciclado del respirador.

### Ajustes prácticos de la asistencia respiratoria invasiva

Para el manejo práctico de la diferentes modalidades ventilatorias hemos de considerar que los parámetros programados iniciales son orientativos y que sus ajustes dependerán del estado de oxigenación y ventilación del recién nacido. No se ha identificado la mejor estrategia ventilatoria para evitar el daño pulmonar en el recién nacido. Además, hemos de tener en cuenta que la oxigenación tisular dependerá no solo de la función respiratoria sino también de la cardiocirculatoria<sup>5,6</sup>.

Los parámetros que habitualmente controlamos son:

- **Frecuencia respiratoria (FR):** influye en el volumen minuto (Vm) y en la eliminación de CO<sub>2</sub>. FR: 40-60 rpm. La estrategia de frecuencias elevadas se empleó para permitir menor pico de presión inspiratoria (PIP) y conseguir Vm altos y así reducir el volutrauma.
- **Tiempos inspiratorios (Ti) y espiratorios (Te):** están determinados por constantes de tiempo pulmonar. En el recién nacido prematuro puede ser suficiente entre 0,25 y 0,35 s. Ti demasiado cortos provocan un déficit del volumen tidal (Vt) o volumen corriente (Vc), y Te demasiado cortos un atrapamiento de gas alveolar en la espiración. Se aconseja mantener una relación inspiración:espiración de 1:2 a 1:5 según patologías. No es recomendable relaciones inversas (Ti > Te). La morfología de la curva de flujo inspiratorio así como la medición de la constante de tiempo

nos permite intentar ajustar los tiempos a los cambios que se vayan produciendo.

- **PIP:** influye en la oxigenación al aumentar la presión media en la vía aérea y en la ventilación por el aumento en el Vc y la ventilación minuto alveolar. Se ha de emplear la menor PIP necesaria para obtener un Vt entre 4-6 ml/kg.
- **Presión de distensión continua al final de la espiración (PEEP):** evita el colapso alveolar y mejora la ventilación al reclutar unidades alveolares. Aumenta la presión media en la vía aérea (MAP), mejorando la oxigenación. Incrementos de PEEP > 6 cmH<sub>2</sub>O pueden no ser efectivos para mejorar la oxigenación, ya que pueden disminuir el retorno venoso y aumentar la resistencia vascular pulmonar. Es importante tener en cuenta el proceso y la situación fisiopatológica. Aumentar la PEEP disminuye el Vt y el Vm, pudiendo provocar una menor eliminación de CO<sub>2</sub>. En ocasiones son necesarias estrategias de reclutamiento valorando la eficacia de la oxigenación y la repercusión hemodinámica. Se recomienda una PEEP entre 4-6 cmH<sub>2</sub>O.
- **MAP:** mantiene el volumen pulmonar mejorando la oxigenación.
- **Flujo:** entre 6 y 10 l/min según el peso. El aumento del flujo con limitación de presión producirá un llenado más rápido del pulmón, alcanzando la PIP en un tiempo más corto (onda cuadrada) lo que aumenta la MAP. Flujos elevados superiores a 10 l/min a través de tubos endotraqueales pequeños pueden producir disminución del Vt.
- **Concentración de oxígeno inspirado (FiO<sub>2</sub>):** incrementa la presión alveolar de oxígeno.

### Estrategias ventilatorias

Las siguientes estrategias ventilatorias se han ido incorporando en el soporte respiratorio del recién nacido:

#### Ventilación sincronizada

Los modos de ventilación sincronizada se caracterizan porque el ventilador inicia sincronizaciones mecánicas en respuesta al esfuerzo respiratorio del paciente<sup>7</sup>. En la **tabla 1** se muestran las principales estrategias de ventilación sincronizada y sus principales características. La clave de la sincronización radica en que en el circuito existan sensores capaces de captar el inicio del esfuerzo inspiratorio del paciente y que provoquen una respuesta inmediata del ventilador con el envío de un ciclo respiratorio. Existen diferentes tipos de

**Tabla 1** Características de los sistemas de ventilación sincronizada

Modos	Características				
	Trigger	Asistencia inspiratoria en cada respiración	FR ventilador	Ti	PIP
SIMV	Sí	No	Fijo	Fijo	Fijo
A/C	Sí	Sí	Variable	Fijo	Fijo
PSV	Sí	Sí	Variable	Variable	Fijo

A/C: ventilación asistida controlada; FR: frecuencia respiratoria; PSV: ventilación con presión de soporte; SIMV: ventilación mandataria intermitente sincronizada.

señales como los movimientos abdominales, presión en la vía aérea, impedancia torácica, presión esofágica o cambios de flujo en la vía aérea, siendo estos últimos los más eficaces.

#### Ventilación mandatoria intermitente sincronizada

En esta modalidad, el ventilador asiste sincronizadamente un número fijo de ciclos por minuto seleccionados por el clínico. Si la frecuencia del paciente es superior a la programada en el ventilador, se intercalarán respiraciones espontáneas y respiraciones asistidas. Las respiraciones espontáneas no asistidas representan un mayor trabajo respiratorio. Si el  $Ti$  no es idéntico entre el paciente y el ventilador, el paciente puede terminar su esfuerzo respiratorio y producirse la espiración mientras el ventilador continúa en fase inspiratoria, provocando asincronismo.

#### Ventilación asistida/controlada

En esta modalidad ventilatoria todos los esfuerzos inspiratorios del paciente son asistidos por el ventilador y si el paciente no los tiene, el ventilador garantiza un número de respiraciones programadas por el clínico (fig. 1). El niño puede activar el respirador en cualquier momento del ciclo siempre que su inspiración supere la sensibilidad programada. Debe ajustarse la frecuencia del ventilador alrededor de un 10% inferior a la del recién nacido, para que actúe como frecuencia de rescate. El  $Te$  debe ser más largo que el  $Ti$  para evitar la PEEP inadvertida. El operador controla la PIP y el  $Ti$ .

#### Ventilación con presión de soporte

Es una forma de ventilación ciclada por flujo y limitada por presión, en la que el inicio y la duración de la fase inspiratoria están controlados por el paciente<sup>8</sup>. El ventilador reconoce el inicio de la inspiración, aumenta la presión según el valor programado, reconoce el final de la inspiración y cesa la fase de presión inspiratoria. Esto ocurre cuando el flujo entregado disminuye a un porcentaje determinado del pico de flujo inspiratorio del mismo ciclo, y como máximo al terminar el  $Ti$  ajustado en el respirador. En algunos ventiladores se puede seleccionar el porcentaje de flujo, y la inspiración se finalizará cuando el flujo entregado disminuya según el porcentaje de flujo inspiratorio seleccionado por el clínico.

La diferencia por lo tanto entre ventilación con presión de soporte (PSV) y ventilación asistida/controlada

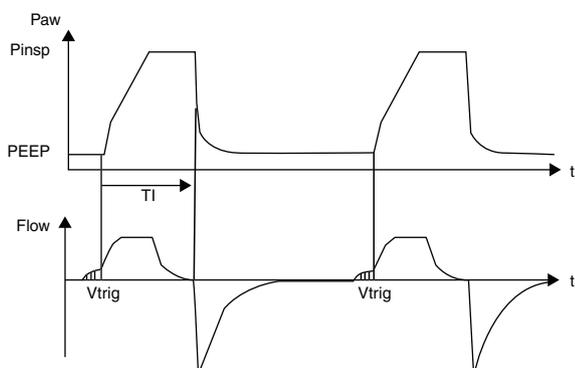


Figura 1 Ventilación asistida/controlada.

(A/C) es que la duración de la inspiración está controlada por el paciente y es variable en relación comprobable con la patología de base y dependiendo de la constante tiempo pulmonar, siendo por lo tanto modalidad ciclada por flujo.

Para el manejo práctico se ha de ajustar el  $Ti$  a un valor superior al realizado por el paciente. Es aconsejable utilizarla asociada a volumen garantizado. Si los  $Ti$  espontáneos del paciente son inferiores a 0,2 s puede fracasar; suele disminuir la MAP, al acortarse el  $Ti$ . No es aconsejable su uso en patologías agudas asociadas a constantes pulmonares muy disminuidas.

#### Evidencia

Los resultados individuales o combinados de los estudios aleatorizados no indican un beneficio significativo de la sincronización, comparado con la ventilación convencional en cuanto a la supervivencia o hemorragia cerebral. Sin embargo, sí se han observado ventajas como la disminución de la sobredistensión pulmonar, menor necesidad de parálisis muscular y sedación, mejor intercambio gaseoso, permite utilizar presiones más bajas en la vía aérea, menor fluctuación en la presión arterial, disminuye el riesgo de volutrauma, facilita el entrenamiento muscular, acorta la duración de la ventilación invasiva y facilita el destete<sup>9-12</sup>.

Existe una limitación en la interpretación de los resultados de los estudios, principalmente en referencia a la displasia broncopulmonar, que viene determinada por los diferentes diseños y tamaño de estos estudios así como por las características de los recién nacidos incluidos.

No existe un consenso sobre cuál es la modalidad de ventilación sincronizada más óptima. La ventilación mandatoria intermitente sincronizada (SIMV) y la A/C, aunque conceptualmente son modalidades diferentes, en la fase aguda de la enfermedad pulmonar su comportamiento puede ser similar, si se emplean frecuencias respiratorias elevadas en SIMV. En la fase de destete, la A/C se ha mostrado más eficaz que la SIMV, acortando la duración de la ventilación mecánica<sup>9-14</sup>.

Con el uso de PSV se han descrito menor tasa de asincronismo, tiempo en el destete, fuga aérea, menor esfuerzo respiratorio en recién nacidos tras intervención cardiaca y una mejoría en la ventilación espontánea<sup>15,16</sup>. Para conseguir estos resultados es necesaria una adecuada maduración del centro respiratorio.

Las limitaciones que se han observado con la ventilación sincronizada están relacionadas con la inadecuada función del mecanismo de sincronización. Sensores de impedancia pueden ser activados por estímulos no respiratorios (hipo o latidos cardíacos). Sensores de presión y flujo pueden detectar falsas respiraciones con los cambios posturales, la presencia de agua en las asas del respirador o las fugas alrededor del tubo traqueal. La ausencia de *trigger* puede estar ocasionada por la no adquisición del umbral de sensibilidad, oclusión u obstrucción del sensor. El retraso en la respuesta puede provocar un incremento en el esfuerzo respiratorio del recién nacido y asincronismo al final de la inspiración. La presencia de autociclado es más grave en la modalidad de

A/C, dado el mayor riesgo de hiperventilación, hipocapnia y atrapamiento aéreo.

### Ventilación con volumen ajustado o controlado

Existen distintas formas de emplear la ventilación por volumen (limitada, controlada o con volumen garantizado)<sup>17</sup> dependiendo básicamente del tipo de respirador empleado<sup>18</sup> que puede medir el volumen en el respirador o en el paciente, el Vt actual inspiratorio o espirado, y ajustarlo a lo programado en la misma respiración o en la siguiente. Estas modalidades de volumen pueden emplearse con A/C, SIMV o PSV<sup>19</sup>.

Los potenciales efectos beneficiosos de este tipo de ventilación están basados en evitar la excesiva insuflación pulmonar manteniendo un volumen pulmonar y Vt estable. Se han descrito múltiples modalidades, siendo la más utilizada en nuestro medio el volumen garantizado.

#### Volumen garantizado

Es un modo de ventilación de flujo constante, limitado por presión y ciclado por tiempo en el que se entrega un Vc preseleccionado. Se caracteriza porque la presión aumenta o disminuye para alcanzar este Vc previamente determinado. Su principal ventaja es evitar volúmenes altos que pueden ocurrir durante la ventilación limitada por presión, sobre todo cuando hay variaciones en la distensibilidad o en la fase de recuperación de la enfermedad pulmonar aguda. Los ajustes en el PIP están determinados por la diferencia entre el Vt seleccionado y el Vt espirado, medido por un sensor de flujo, de tal forma que la PIP aumenta o disminuye en los ciclos ventilatorios siguientes, para mantener el Vt seleccionado...

Tiene a mantener un Vt más estable, con cambios de presión según sea necesario. Previene por tanto la sobredistensión y el volutrauma, la hipoventilación y el atelectrauma<sup>20</sup>. Estaría más indicado en procesos respiratorios en los que se producen cambios rápidos en la mecánica pulmonar (tras administración de surfactante, fase de recuperación de EMH).

En el manejo práctico hemos de comprobar si existen pérdidas alrededor del tubo endotraqueal (TE). Si son superiores a 30-40%, no se recomienda usar volumen garantizado (VG), dado que el Vt espirado está infravalorado. También pueden surgir problemas cuando se ajustan frecuencias respiratorias de rescate inferiores a 35 ciclos por minuto.

Una de las dificultades del empleo del VG es la elección del Vc óptimo. Diversos estudios sugieren el empleo de valores entre 4-6 ml/kg, siendo importante la fisiopatología y el momento del proceso. Se ha observado al comparar SIMV con SIMV/VG que con este último se consigue un intercambio de gases más estable con menor MAP y sin efectos adversos<sup>21</sup>. Potencialmente puede minimizar la sobredistensión pulmonar, al disminuir la variabilidad del Vt, disminuir la hipocapnia y favorecer el destete<sup>22</sup>.

Asociado a PSV también se ha observado Vt más estable y MAP más baja y estable frente a ventilación con A/C, SIMV<sup>21,22</sup>.

Un metanálisis reciente ha demostrado una reducción en muerte y/o de displasia bronco-pulmonar (DBP) empleando

ventilación por volumen en comparación con ventilación limitada por presión<sup>23</sup>.

### Estrategias ventilatorias híbridas

#### Presión regulada con control de volumen

Es una modalidad ciclada por flujo, en la que la presión se ajusta según el volumen administrado. Se establece el Vt a administrar y un valor máximo de PIP. La primera respiración es controlada por volumen y permite calcular la PIP necesaria para entregar el volumen, según la distensibilidad pulmonar (CI). En la siguiente respiración el flujo es variable. Esta modalidad presenta los mismos patrones de flujo y presión que modalidades limitadas por presión, pero controla el volumen en cada respiración y ajusta la PIP en la siguiente. Las mediciones del Vt se realizan en el respirador, por lo que debe compensarse el espacio muerto.

#### Volumen asegurado con control de presión

En cada respiración se combina el control por presión y volumen. Cada respiración comienza como un ciclo de presión soporte, con flujo variable. El respirador mide el volumen entregado cuando el flujo inspiratorio ha disminuido a un nivel prefijado, evaluando si ha entrado todo el volumen programado. Si es así, se continúa con el ciclo respiratorio iniciando la espiración como un ciclo típico de presión soporte ciclado por flujo. Si no es así, se modifica el flujo para permitir la entrada de todo el volumen, alargando el tiempo inspiratorio e incrementando el PIP hasta que se entrega todo el flujo programado<sup>24</sup>.

### Otras estrategias ventilatorias

#### Ventilación proporcional asistida

En esta modalidad la presión aplicada es autocontrolada para cada respiración espontánea. Frecuencia, tiempo y tasa de inflación del pulmón son controladas por el paciente. La presión aplicada aumenta en proporción al Vt y el flujo inspiratorio generado por el paciente, que puede ser reforzado para disminuir el trabajo respiratorio<sup>25</sup>.

#### Ventilación controlada por volumen minuto o mandataria minuto

En esta modalidad, se modifica la frecuencia respiratoria en relación con poco o excesivo esfuerzo respiratorio. Si el Vm cae por debajo del nivel establecido, los ciclos controlados por volumen son administrados a una frecuencia constante<sup>26</sup>.

#### Técnica de insuflación traqueal continua

La inyección de un flujo de gas continuo en la parte distal del tubo endotraqueal disminuye el espacio muerto anatómico, facilita el lavado de CO<sub>2</sub> y reduce las necesidades de presión y Vt<sup>24</sup>. Se administra a 0,5 ml/min, junto con otras formas de ventilación

## Aspectos prácticos de la ventilación mecánica neonatal

### Indicación y objetivos

Los principales objetivos cuando se inicia ventilación mecánica son conseguir una oxigenación y ventilación adecuadas, con el mínimo daño pulmonar, sin repercusión hemodinámica ni otros efectos adversos y minimizando el trabajo respiratorio.

No existen unos criterios universales para la indicación de la asistencia respiratoria invasiva en el periodo neonatal. Por otra parte, el uso generalizado de la ventilación no invasiva o el tratamiento con surfactante han modificado sus indicaciones. Algunos criterios gasométricos propuestos serían<sup>5</sup>:

- Hipoxemia grave ( $\text{PaO}_2 < 50\text{-}60$  mmHg con  $\text{FiO}_2 \geq 0,6$ ;  $\text{PaO}_2 < 60$  mmHg con  $\text{FiO}_2 > 0,4$  en prematuros de menos de 1.250 g).
- Hipercapnia grave ( $\text{PaCO}_2 > 65$  mmHg con  $\text{pH} < 7,25$ ).
- Apnea o dificultad respiratoria que precise reanimación tras el fracaso de la ventilación no invasiva

Por otra parte, existe una dificultad en la recomendación de los objetivos gasométricos cuando estamos empleando ventilación mecánica en el recién nacido. Puede ser seguro mantener la oxigenación en unos rangos de  $\text{PaO}_2$  de 50-60 mmHg o de pulsioximetría de 88-92% en recién nacidos pretérmino y  $\text{PaO}_2$  de 50-70 mmHg o  $\text{SatO}_2$  de 90-95% en recién nacidos a término<sup>5</sup>. En cuanto al valor de la  $\text{PaCO}_2$ , podemos considerar seguro mantener unos valores entre 45-55 mmHg. Hemos de considerar la hipercapnia permisiva ( $\text{PaCO}_2$  hasta 65 con  $\text{pH} > 7,25$ ) en la fase crónica de la enfermedad.

### Ventilación suave o hipercapnia permisiva

La hipercapnia permisiva es una estrategia de tratamiento en pacientes que reciben ventilación asistida, en la que se aceptan niveles relativamente altos de  $\text{PaCO}_2$ , evitando la búsqueda agresiva de normocapnia así como ventilar con  $V_t$  altos, reduciéndose potencialmente el daño pulmonar<sup>27-30</sup>. Paralelamente puede mejorar el gasto cardíaco al reducir la MAP fijada y proteger contra la hipoperfusión y el daño hipóxico desencadenado por la hipocapnia. Sin embargo, el rango ideal o seguro para la  $\text{PCO}_2$  en esta población vulnerable todavía no ha sido establecido<sup>31</sup>. La estrategia recomendada sería reducir PIP, con ello disminuye el  $V_t$  para mantener una  $\text{PaCO}_2$  entre 45-55 mmHg con  $\text{pH}$  por encima de 7,24. En cuanto a la evidencia, en la revisión realizada por Woodgate et al.<sup>32</sup> no se encontraron pruebas de que la hipercapnia permisiva redujera la incidencia de muerte o enfermedad pulmonar grado 3 o 4 o la leucomalacia periventricular. No hay evidencia suficiente para establecer una recomendación generalizada para el uso de la hipercapnia permisiva en el recién nacido.

### Destete respiratorio

Las decisiones relativas al destete, entendido este como el proceso de disminución progresiva del soporte respiratorio con mayor participación del esfuerzo respiratorio del paciente, se han realizado habitualmente de forma subjetiva, basadas en juicios clínicos y determinadas frecuentemente por la práctica (individual o institucional) y según preferencias<sup>33</sup>. En casos de patología leve, puede realizarse fácilmente, pero si existe patología severa, o a ella se suma prematuridad (apneas, debilidad muscular...), el destete puede resultar más dificultoso. En los últimos años, estrategias nuevas como el empleo mas generalizado de la CPAP-nasal y/o ventilación no invasiva (antes de la intubación o después de la extubación), nuevas modalidades de ventilación mecánica invasiva o el conocimiento de la mecánica pulmonar del paciente a pie de cama, están cambiando nuestra aproximación a la retirada de la ventilación mecánica invasiva<sup>34</sup>. Para iniciar el destete debemos considerar el desarrollo madurativo del pulmón, la enfermedad pulmonar de base, si existen complicaciones secundarias como infección, edema de vía aérea superior, atelectasia, ductus arterioso persistente o shock. Además es necesaria la presencia de un buen control central de la respiración así como una buena fuerza muscular e integridad de pared torácica con un adecuado estado metabólico y reserva energética. Por ello iniciaremos el destete cuando el niño esta clínicamente «estable», las necesidades de ventilación mecánica van disminuyendo y el motivo de inicio de la ventilación mecánica está solucionándose. Debe tener un intercambio de gases adecuado y además presentar un esfuerzo respiratorio espontáneo eficiente.

### ¿Cómo realizar el destete?

- Para realizar el destete del soporte respiratorio tendremos en cuenta algunos principios como reducir primero el parámetro potencialmente más dañino (volutrauma, atelectrauma, daño por oxígeno), realizar un cambio cada vez, evitando grandes cambios y valorando la repercusión clínica y/o gasométrica del mismo.
- Considerar los parámetros determinantes de la *oxigenación* ( $\text{FiO}_2$  y MAP) y de la *ventilación* ( $V_m$  que depende del  $V_t$  y de la FR) (tabla 2).
- Según la estrategia respiratoria valorar cuál es el parámetro a modificar (tabla 3). De momento no hay evidencia suficiente para aconsejar una estrategia óptima de destete, pero algunos estudios sugieren menor duración de la ventilación mecánica cuando se emplea en fase de destete, ventilación sincronizada (A/C o SIMV) frente a IMV, y parece que pueda ser más eficaz emplear estrategias que apoyan todas las respiraciones espontáneas (A/C) frente al empleo de SIMV con  $\text{FR} < 20$  en relación con la extubación<sup>35</sup>. El empleo de PSV en fase de retirada del soporte respiratorio disminuye el trabajo respiratorio, pero son necesarios más estudios para una recomendación generalizada. En relación con el empleo de ventilación controlada por volumen frente a limitada por presión, se ha demostrado menor mortalidad y/o DBP, menor duración de ventilación mecánica, junto con menor número de complicaciones (neumotórax, hemorragia intraventricular), empleando estrategias con control de volumen.

**Tabla 2** Recomendaciones para el destete respiratorio basándonos en parámetros gasométricos

	Oxigenación	Ventilación
Determinantes	- FiO <sub>2</sub> - MAP	- Vt - FR
Pauta/secuencia	- ↓ FiO <sub>2</sub> < 0,4 - Si PaO <sub>2</sub> alta y PaCO <sub>2</sub> normal: - ↓ PIP/Vt - ↓ PIP/valorar Vt y PEEP <i>PaCO<sub>2</sub> baja</i> - ↓ PIP (valorar Vt) y FR <i>PCO<sub>2</sub> alta</i> - ↓ PEEP o Ti y/o - ↑ FR	- ↓ PIP o - ↓ Vt - ↓ FR - Si PaCO <sub>2</sub> baja y PaO <sub>2</sub> normal - ↓ FR - Si PaCO <sub>2</sub> y PaO <sub>2</sub> bajas - ↓ PEEP - ↑ FR
Aspectos prácticos	- Si FiO <sub>2</sub> > 0,4: optimizar hemoglobina/hematocrito - Evitar oscilaciones bruscas en la oxigenación, realizando cambios suaves en la FiO <sub>2</sub> - Evitar MAP bajas, para mantener adecuado volumen alveolar	- Intentar mantener Vm normal: 240-360 ml/kg/min - Mantener Vt ≥ 4-5 ml/kg - Evitar FR < 20-25 rpm (en SIMV)

FR: frecuencia respiratoria; MAP: presión media en la vía aérea; PIP: pico de presión inspiratoria; PEEP: presión de distensión continua al final de la espiración; SIMV: ventilación mandataria intermitente sincronizada; Vm: volumen minuto; Vt: volumen tidal.

El empleo de volumen controlado permite disminuir el volutrauma, y la hipocapnia, además de permitir un autodestete progresivo según mejora el pulmón<sup>36</sup>. En el momento actual, varios estudios han sugerido la conveniencia de emplear Vt en torno a 5 ml/kg (4-6 ml/kg)<sup>37</sup>.

**Tabla 3** Estrategia de destete y extubación según la modalidad ventilatoria

Modalidad	Estrategia
A/C	- Disminuir PIP para Vt adecuado > 4 ml/kg - Disminuir FR rescate a 25-30 - Alimentar <i>trigger</i> para trabajar músculo respiratorio - Extubar directamente de A/C o pasar a SIMV
SIMV	- Disminuir FR - Disminuir PIP para Vt adecuado > 4 ml/kg - Extubar cuando esté estable con SIMV 25-30 rpm
VG SIMV/PSV	- Autodestete - Añadir PSV cuando SIMV < 30 rpm - Ajustar nivel de PSV para dar Vt adecuado > 4 ml/kg - Reducir SIMV lentamente - Extubar cuando estable con SIMV 15 rpm

A/C: ventilación asistida/controlada; FR: frecuencia respiratoria; PIP: pico de presión inspiratoria; PSV: ventilación con presión de soporte; SIMV: ventilación mandataria intermitente sincronizada; VG: Volumen garantizado; Vt: volumen tidal.

### Dificultad para el destete y/o extubación

Los principales problemas que pueden dificultar el destete y/o extubación están relacionados con:

- *Aumento del trabajo respiratorio* por: aumento del trabajo elástico (neumonía, edema, ductus arterioso persistente, distensión abdominal, sobredistensión pulmonar), o aumento de las resistencias de la vía aérea (secreciones, obstrucción del TE, obstrucción de vía aérea alta), o aumento de la ventilación minuto (sepsis, acidosis, dolor...)
- *Reducción de la capacidad respiratoria* por frecuencia respiratoria baja del paciente (apneas, sedación, hipocapnia, alcalosis, infección del sistema nervioso central), disfunción muscular (malnutrición, alteración hidroelectrolítica, DBP) y enfermedades neuromusculares (distrofia muscular, afectación espinal, afectación diafragmática, bloqueo neuromuscular prolongado).

### Extubación

#### Predicción de extubación con éxito

Ningún parámetro aislado discrimina de forma consistente el éxito o el fracaso en la extubación de un recién nacido. Se ha observado que la relación de respiraciones espontáneas/mecánicas de 1:2 tiene un valor predictivo positivo del 86% del éxito de la extubación<sup>38</sup>. Al analizar parámetro de mecánica respiratoria, aquellos niños con Vt > 6 ml/kg, Vm > 309 ml/kg/min, trabajo respiratorio < 0172 J/l, C > 1 ml/cmH<sub>2</sub>O/kg, R < 176 cmH<sub>2</sub>O/l/s, tienen mayor posibilidad de éxito en la extubación<sup>39</sup>. En otros estudios se ha concluido que el test de respiraciones espontáneas, CPAP nasal durante 3 min (fracaso si presentaba bradicardia durante más de 15 s o caída de la

saturación < 85% a pesar de aumento de  $\text{FiO}_2$  en un 15%) puede ser eficaz<sup>40</sup>. Su empleo ha permitido extubar desde FR y presiones en la vía aérea más elevada con relación a controles históricos<sup>41</sup>. De forma global, establecer la eficacia del esfuerzo respiratorio con un balance entre la capacidad respiratoria, el esfuerzo de los músculos y el trabajo respiratorio podría ser una estrategia predictiva de éxito en el destete y extubación<sup>34</sup>.

### Estrategias que pueden ayudar a la extubación

1. El empleo de CPAP nasal al extubar, reduce la incidencia de efectos adversos tras extubación, incluyendo fracaso de la extubación y DBP<sup>42</sup>, siendo las cánulas binasales más eficaces en pretérminos menores de 28 semanas que las mononasales para reducir la necesidad de reincubación<sup>43</sup>.
2. La IPPV nasal puede ser mejor que la CPAP nasal para prevenir el fracaso de la extubación o la reintubación en los más inmaduros<sup>44</sup>.
3. Se ha comprobado que el empleo de metilxantinas previenen la reintubación<sup>45</sup>, siendo más eficaces en recién nacidos con peso < 1.000 g y/o en < de 7 días de vida.
4. La fisioterapia respiratoria reduce la reintubación, pero no la formación de atelectasias<sup>46</sup>. No existe evidencia para su empleo rutinario, solo bajo indicación individual.
5. La dexametasona reduce la reintubación, pero sus efectos adversos no recomiendan su uso de forma rutinaria<sup>47</sup>. Dexametasona intravenosa periextubación debe restringirse a niños con riesgo de edema de la vía aérea y obstrucción como aquellos que han tenido intubaciones dificultosas, repetidas o prolongadas.
6. La optimización de las medidas de confort y posturales previamente a la extubación.

### Complicaciones postextubación

- Obstrucción de la vía aérea: edema de glotis, estenosis subglótica.
- Atelectasia.

### Recomendaciones y conclusiones

- No hay un consenso sobre los beneficios de la ventilación mecánica sincronizada en el seguimiento e incidencia de displasia broncopulmonar en el recién nacido. Pero basándonos en los aparentes efectos en la duración de la ventilación y las diferentes ventajas comentadas previamente, podemos concluir que el uso de la ventilación sincronizada es beneficioso (*Recomendación A*).
- La combinación de las diferentes modalidades de sincronización en el recién nacido prematuro puede disminuir el riesgo de lesión pulmonar (*Recomendación A*).
- El uso de volumen garantizado tiene efectos beneficiosos en el recién nacido prematuro (*Recomendación A*). Disminuyendo el riesgo de muerte y/o DBP, previene del volutrauma evitando un insuficiente Vt y mantiene los potenciales efectos adversos de la ventilación limitada por presión. No está globalmente consensuado el Vt óptimo para los diferentes estadios de la enfermedad pulmonar o de las distintas modalidades ventilatorias.

- No existen estudios controlados que aporten evidencia suficiente para recomendar cómo ha de hacerse el destete, por lo que todavía la retirada de la ventilación mecánica implica mucho más arte que ciencia, pero deberá de hacerse de forma progresiva, disminuyendo primero aquellos parámetros potencialmente más perjudiciales, y las estrategias que soporten todos las respiraciones espontáneas pueden ser las formas más eficaces de destete (*Recomendación A*).
- En recién nacidos inmaduros, una vez asociadas metilxantinas (*Recomendación A*), sin administración previa de CPAP traqueal<sup>48</sup> (*Recomendación A*), ya que esta aumenta la resistencia y el trabajo respiratorio, estar directamente a CPAP nasal (*Recomendación A*) o IMV nasal (*Recomendación A*). Se ha comprobado que esta recomendación es eficaz para reducir el fracaso de extubación y disminuir la necesidad de oxígeno a los 28 días en recién nacidos pretérmino que han precisado ventilación mecánica. No se emplean esteroides preextubación de forma sistemática (*Recomendación A*).

### Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

### Anexo 1.

*Félix Castillo Salinas.* Servicio de Neonatología, Hospital Universitario Vall d'Hebrón, Barcelona, España.

*Dolores Elorza Fernández.* Sección de Neonatología, Hospital Universitario Donostia, San Sebastián, España.

*Antonio Gutierrez Laso.* Servicio de Neonatología, Hospital Universitario la Fe, Valencia, España.

*Julio Moreno Hernando.* Servicio de Neonatología, Hospital Universitario Sant Joan de Deu, Barcelona, España.

*Manuel Gresa Muñoz.* Servicio de Neonatología, Hospital Materno-Insular las Palmas, Las Palmas, España.

*Marta Aguar Carrascosa.* Servicio de Neonatología, Hospital Universitario la Fe, Valencia, España.

*Gerardo Bustos Lozano.* Servicio de Neonatología, Hospital Universitario 12 de octubre, Madrid, España.

*José Ramón Fernández Lorenzo.* Servicio de Neonatología, Complejo Universitario de Vigo, Vigo, España.

*Jon López de Heredia Goya.* Servicio de Neonatología, Hospital de Cruces, Barakaldo, España.

*Enrique Salguero García.* Servicio de Neonatología, Hospital Regional Carlos Haya, Málaga, España.

*Xavier Miracle Echegoyen.* Servicio de Neonatología, Hospital Clínic-Maternidad, Barcelona, España.

*Juan Nuñez Solís.* Servicio de Neonatología, Hospital Virgen de Rocío, Sevilla, España.

*Maria Luisa Franco.* Servicio de Neonatología, Hospital Universitario Gregorio Marañón, Madrid, España.

*Jesús Pérez Rodríguez.* Servicio de Neonatología, Hospital Universitario la Paz, Madrid, España.

### Bibliografía

1. Gregory GA, Kitterman JA, Phibbs RH. Treatment of the idiopathic respiratory distress syndrome with continuous positive airway pressure. *New Engl J Med.* 1971;284:1333-40.

2. Perlman JM, McMenamin JB, Volpe JJ. Fluctuating cerebral blood-flow velocity in respiratory distress syndrome. Relation to the development of intraventricular hemorrhage. *N Engl J Med.* 1983;309:204-9.
3. Stark AR, Bascom R, Frantz ID. Muscle relaxation in mechanically ventilated infants. *J Pediatr.* 1979;94:439-43.
4. Greenough A, Morley CJ, Pool J. Fighting the ventilator. Are fast rates an effective alternative to paralysis? *Early Human Dev.* 1986;13:189-94.
5. Grupo Respiratorio y Surfactante de la Sociedad Española de Neonatología. Recomendaciones para la asistencia respiratoria en el recién nacido (I). *An Pediatr (Barc).* 2008;68:516-24.
6. Higgins RD, Bancalari E, Willinger M, Raju TNK. Executive summary of the workshops on oxygen in neonatal therapies: controversies and opportunities for research. *Pediatrics.* 2007;119:790-6.
7. Greenough A. Update on patient-triggered ventilation. *Clin Perinatol.* 2001;28:533-46.
8. Keszler M. State of the art in conventional mechanical ventilation. *J Perinatol.* 2009;29:262-75.
9. Hummler H, Schulze A. New and alternative modes of mechanical ventilation in neonates. *Semin Fetal Neonatal Med.* 2009;14:42-8.
10. Brown MK, Dibiasi RM. Mechanical ventilation of the premature neonate. *Respir Care.* 2011;56:1298-311.
11. Greenough A, Dimitriou G, Predengast M, Milner AD. Synchronized mechanical ventilation for respiratory support in newborn infants. *Cochrane Database Syst Rev.* 2008;23:CD000456.
12. Baumer JH. International randomised controlled trial of patient triggered ventilation in neonatal respiratory distress syndrome. *Arch Disease Child.* 2000;82:f5-10.
13. Dimitriou G, Greenough A, Cherian S. Comparison of airway pressure and air flow triggering systems using a single type of neonatal ventilator. *Acta Paediatr.* 2001;90:445-7.
14. Sharma A, Greenough A. Survey of neonatal respiratory support strategies. *Acta Paediatr.* 2007;98:1115-7.
15. Dimitriou G, Greenough A, Laubscher B, Yamaguchi N. Comparison of airway pressure triggered and airflow triggered ventilation in very immature infants. *Acta Paediatr.* 1998;87:1256-60.
16. Tokioka H, Nagano O. Pressure support ventilation augments spontaneous breathing with improved thoracoabdominal synchrony in neonates with congenital heart disease. *Anesth Analg.* 1997;85:789-93.
17. Grover A, Filed D. Volume-targeted ventilation in the neonate: time to change? *Arch Dis Child Fetal Neonatal.* 2008;93:F7-9.
18. Sharma A, Milner AD, Greenough A. Performance of neonatal ventilators in volume targeted ventilation mode. *Acta Paediatr.* 2007;96:176-80.
19. Singh J, Sinha SK, Donn SM. Volume-targeted ventilation of newborns. *Clin Perinatol.* 2007;34:93-105.
20. Keszler M, Abubakar KM. Volume guarantee: stability of tidal volume and incidence of hypocarbia. *Pediatr Pulmonol.* 2004;38:240-5.
21. Cheema IU, Ahluwalia JS. Feasibility of tidal volume-guided ventilation in newborn infants: a randomized, cross over trial using the volume guarantee modality. *Pediatrics.* 2001;107:1323-8.
22. Abubakar KM, Keszler M. Patient-ventilator interactions in new modes of patient-triggered ventilation. *Pediatr Pulmonol.* 2001;32:71-5.
23. Wheeler K, Klingenberg C, McCallion N, Morley CJ, Davis PG. Volume-targeted versus pressure-limited ventilation in the neonate. *Cochrane Database Syst Rev.* 2010;11:CD003666.
24. Claude N, Bancalari E. New modes of mechanical ventilation in the preterm newborn: evidence of benefit. *Arch Dis Child Fetal Neonatal.* 2007;92:F508-12.
25. Schulze A, Bancalari E. Proportional assist ventilation in infants. *Clin Perinatol.* 2001;28:561-578. La cita 35 es: Greenough A, Milner AD, Dimitriou G. Synchronized mechanical ventilation for respiratory support in newborn infants. *Cochrane Database Syst Rev.* 2004;4.:CD000456.
26. Guthrie SO, Lynn C, Lafleur BJ, Donn SM, Walsh WF. A crossover analysis of intermittent mandatory ventilation compared to synchronized intermittent mandatory ventilation in neonates. *J Perinatol.* 2005;25:643-6.
27. Tuxen DV. Permissive hypercapnia ventilation. *Am J Respir Crit Care Med.* 1994;150:870-4.
28. Feihl F, Perrett C. Permissive hypercapnia: how permissive should we be? *Am J Resp Crit Care Med.* 1994;150:1722-37.
29. Amato MBP, Barbas CSV, Medeiros DM, et al. Effect of a protective ventilation strategy on mortality in the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med.* 1998;338:347-54.
30. Carlo WA, Stark AR, Wright LL, Tyson JE, Papile LA, Shankaran S, et al. Minimal ventilation to birth weight infants with pulmonary dysplasia in extremely low-birth-weight infants. *J Pediatr.* 2002;141:370-4.
31. Mariani G, Cifuentes J, Carlo WA. Randomized trial of permissive hypercapnia in preterm infants. *Pediatrics.* 1999;104:1082-8.
32. Woodgate PG, Davies MW. Permissive hypercapnia for the prevention of morbidity and mortality in mechanically ventilated newborn infants. *Cochrane Database Syst Rev.* 2001:CD002061.
33. Shina SK, Donn SM. Weaning newborns from mechanical ventilation. *Semin Neonatol.* 2002;7:421-8.
34. Greenough A, Predengast M. Difficult extubation in low birthweight infants. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed.* 2008;93:F242-5.
35. Greenough A, Dimitriou G, Predengast M, Milner AD. Synchronized mechanical ventilation for respiratory support in newborn infants. *Cochrane Database Syst Rev.* 2008;23:CD000456.
36. Steven D, Win B. Mechanical Ventilation of the neonate: should we target volume or pressure? *Respr Care.* 2009;54:1236-43.
37. Greenough A, Donn SM. Matching ventilatory support strategies to respiratory pathophysiology. *Clin Perinatol.* 2007;34:35-53.
38. Gillespie LM, White SD, Sinha SK, Donn SM. Usefulness of the minute ventilation test in predicting successful extubation in newborn infants: a randomized controlled trial. *J Perinatol.* 2003;23:205-7.
39. Szymankiewicz M, Vidyasagar D, Gadzinowski J. Predictors of successful extubation of preterm low-birth-weight infants with respiratory distress syndrome. *Pediatr Crit Care Med.* 2005;6:44-9.
40. Kamlin CO, Davis PG, Morley CJ. Predicting successful extubation of very low birthweight infants. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed.* 2006;91:F180-3.
41. Kamlin CO, Davis PG, Argus B, Mills B, Morley CJ. A trial of spontaneous breathing to determine the readiness for extubation in very low birth weight infants: a prospective evaluation. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed.* 2008;93:F305-6.
42. Davis PG, Henderson-Smart DJ. Nasal continuous positive airways pressure immediately after extubation for preventing morbidity in preterm infants. *Cochrane Database Syst Rev.* 2003:CD000143. The Cochrane Library, Issue 2, 2003.
43. De Paoli AG, Davis PG, Faber B, Morley J. Devices and pressure sources for administration of neonatal continuous positive airway pressure (NCPAP) in preterm neonates. *Cochrane Database Syst Rev.* 2008:CD002977.
44. Davis PG, Lemyre B, De Paoli AG. Nasal intermittent positive pressure ventilation (NIPPV) versus nasal continuous positive

- airway pressure (NCPAP) for preterm neonates after extubation. Cochrane Database Syst Rev. 2007;CD003212.
45. Henderson-Smart DJ, Davis PG. Prophylactic methylxanthines for endotracheal extubation in preterm infants. Cochrane Database Syst Rev. 2010;12. CD000139.
  46. Flenady VJ, Gray PH. Chest physiotherapy for preventing morbidity in babies being extubated from mechanical ventilation. Cochrane Database Syst Rev. 2002;2. CD000283.
  47. Davis PG, Henderson-Smart DJ. Intravenous dexamethasone for extubation of newborn infants. Cochrane Database Syst Rev. 2001;4. CD000308.
  48. Davis PG, Henderson-Smart DJ. Extubation from low-rate intermittent positive airways pressure versus extubation after a trial of endotracheal continuous positive airways pressure in intubated preterm infants. Cochrane Database Syst Rev. 2001;4. CD001078.